

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. September 2004 (30.09.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/083650 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F15B 19/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000587

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Januar 2004 (24.01.2004)

(74) Anwälte: BRÜCKNER, Ingo usw.; DaimlerChrysler AG,  
Intellectual Property Management, IMP - C106, 70546  
Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(30) Angaben zur Priorität:  
103 12 087.4 19. März 2003 (19.03.2003) DE

CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse  
225, 70567 Stuttgart (DE).

FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRAMKOW,

KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

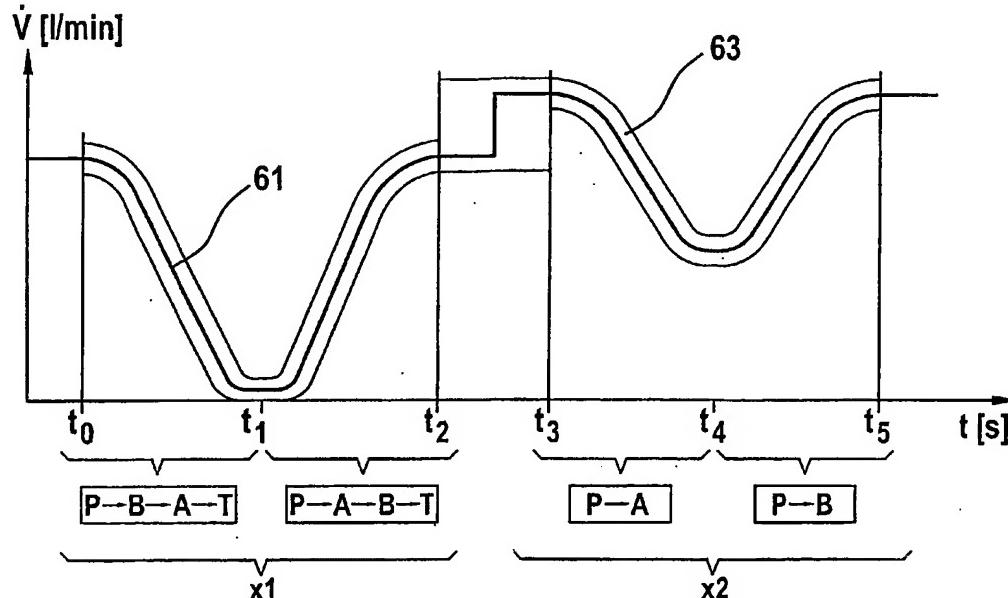
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,

ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR TESTING THE FUNCTION OF A HYDRAULIC VALVE AND A TEST BENCH FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR FUNKTIONSPrÜFUNG EINES HYDRAULIKVENTILS UND PrÜFSTAND ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS



EXPRESS MAIL' LABEL NO. **E 155057995245**  
I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS BEING DEPOSITED WITH THE  
UNITED STATES POSTAL SERVICE EXPRESS MAIL POST OFFICE TO  
ADDRESSEE'S SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 IN AN ENVELOPE ADDRESSED  
TO: THE COMMISSIONER OF PATENTS, PO. BOX 1500, ALEXANDRIA, VA  
22313-1500, ON THIS DATE, THE COMMISSIONER WILL THEREBY AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY FEES ARISING HEREFROM AT ANY TIME TO DEPOSIT  
ACCOUNT 16-0877.  
Z. Horvath  
Signature  
DATE  
21/9/05

**WO 2004/083650 A1**

(57) Abstract: The invention relates to a method for testing the function of a hydraulic valve and to a test bench for carrying out said method. The method is characterised in that a pressurised gaseous medium is used as the test medium. According to the invention, volumetric flow characteristic values or volumetric flow characteristic curves (61) are determined in accordance with the time or the valve stroke and are subsequently compared with limiting value characteristic curves (63).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren zur Funktionsprüfung eines Hydraulikventils und ein Prüfstand zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass als Prüfmedium ein unter Druck stehendes, gasförmiges Medium verwendet wird. Dabei werden Volumenstromkennwerte bzw. Volumenstromkennlinien (61) abhängig von der Zeit oder vom Ventilhub ermittelt und anschliessend mit Grenzwertkennlinien (63) verglichen.

Verfahren zur Funktionsprüfung eines Hydraulikventils und  
Prüfstand zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsprüfung eines Hydraulikventils, gemäß Anspruch 1, und einen Prüfstand zur Funktionsprüfung von Hydraulikventilen, gemäß Anspruch 13.

Bekannt sind Hydraulikventile, die als Proportionalventile ausgeführt sind und beispielsweise zur hydraulischen Ansteuerung von Nockenwellenverstellsystemen eingesetzt werden. Ein derartiges Proportionalventil weist einen Druckanschluss, mindestens einen Reservoiranschluss, mindestens einen Verbraucheranschluss sowie einen in einem Steuerzylinder beweglich gelagerten, mittels einer Feder vorgespannten Steuerkolben auf, der zur Steuerung des Volumenstroms eines Hydraulikmediums dient. Der Steuerkolben wird mittels Magnetkraft bewegt. Hierzu wird ein strombeaufschlagbares Magnetteil eingesetzt, das mit dem Steuerkolben zusammenwirkt. Die Magnetkraft ändert sich in Abhängigkeit der Höhe des elektrischen Stroms, wodurch sich auch proportional die Steuerkolbenposition und somit auch der durch das Hydraulikventil fließende Volumenstrom ändert.

Zum Zwecke einer Funktionsprüfung des Proportionalventils wird in dieses das im späteren Einsatz des Proportionalventils verwendete Hydraulikmedium unter Druck eingeleitet und dessen Volumenstrom über den vom Steuerkolben zurückgelegten Weg beziehungsweise über den an das Magnetteil angelegten

Strom aufgezeichnet. Die so übermittelte Volumenstromkennlinie muss dann innerhalb festgelegter Grenzen liegen. Falls dies nicht der Fall ist, wird das Proportionalventil gegebenenfalls justiert oder nachbearbeitet. Die Funktionsprüfung des Hydraulikventils findet häufig im Fertigungsprozess statt, so dass dort Verunreinigungen durch das hydraulische Prüfmedium auftreten können. Nachteilig sind weiterhin die relativ langen Prüfzeiten, wodurch die Taktzeit zur Herstellung der Hydraulikventile in der Serienproduktion entsprechend hoch ist. Des Weiteren ist eine aufwendige Prüfausrüstung erforderlich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem eine hohe Funktionssicherheit gewährleistet werden kann. Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, einen Prüfstand zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Es sieht vor, dass zur Funktionsprüfung eines Hydraulikventils als Prüfmedium ein unter Druck stehendes gasförmiges Medium verwendet wird. Vorzugsweise wird Luft als Prüfmedium verwendet. Durch die pneumatische Prüfung des Hydraulikventils kann die Prüfzeit gegenüber den bekannten Prüfverfahren deutlich reduziert werden, da insbesondere der Anschluss des Hydraulikventils an eine Prüfmediumversorgung deutlich einfacher ist. Vorteilhaft ist weiterhin, dass durch die Verwendung eines gasförmigen Prüfmediums keine durch die Funktionsprüfung verursachten Ölverunreinigungen im Fertigungsprozess auftreten.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vorteilhaft zur Funktionsprüfung von hydraulischen Proportionalventilen, insbesondere Proportional-Wege-Ventilen, insbesondere zur hydraulischen Ansteuerung von Nockenwellenverstellsystemen einsetzbar. Das Prüfverfahren ist selbstverständlich nicht auf

diese spezielle Art von Hydraulikventilen beschränkt, sondern ist grundsätzlich universell für Hydraulikventile einsetzbar.

Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus Kombinationen der in den Unteransprüchen genannten Merkmale.

Der Gegenstand der Erfindung betrifft auch einen Prüfstand zur Funktionsprüfung von Hydraulikventilen, der zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 geeignet ist. Der pneumatische Prüfstand zur Funktionsprüfung von Hydraulikventilen weist insbesondere den Vorteil auf, dass durch das verwendete, gasförmige Prüfmedium Verunreinigungen der Umgebung ausgeschlossen werden können. Der Prüfstand ist daher ohne weiteres in den Fertigungsprozess der Hydraulikventile integrierbar.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines magnetisch betätigbaren Hydraulikventils, teilweise geschnitten;

Fig. 2 eine Ansicht eines in einem Prüfblock angeordneten Hydraulikteils des Hydraulikventils gemäß Figur 1;

Fig. 3 einen Graphen, bei dem die Volumenstromkennlinie des mit einem gasförmigen Prüfmedium beaufschlagten Hydraulikventils gemäß Figur 1 über der Zeit aufgetragen ist;

Fig. 4 einen Graphen, bei dem die auf einen Federkraft beaufschlagten Steuerkolben des Hydraulikventils gemäß Figur 1 aufgebrachte Kraft über der Zeit aufgetragen ist,

Fig. 5 einen Graphen, in dem die Kraft-Hysterese-Kennlinie des Hydraulikventils gemäß Figur 1 aufgetragen ist und

Fig. 6 einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels eines Prüfstands zur Funktionsprüfung von Hydraulikventilen.

Figur 1 zeigt einen Teil eines Ausführungsbeispiels eines elektrohydraulischen Proportional-Wege-Ventils, nachfolgend kurz Hydraulikventil 1 genannt, das ein Hydraulikteil 3 und ein Magnetteil 5 umfasst. Der Aufbau und die Funktion des Hydraulikventils 1 ist allgemein bekannt, so dass im Folgenden nur kurz darauf eingegangen wird.

Das Hydraulikteil 3 umfasst ein von einem Steuerkolben 7 gebildetes Steuerelement, das in einem Steuerzylinder 9 axial verschiebbar angeordnet ist. Der Steuerzylinder 9 ist unter anderem mit Steuerbohrungen 11, 13, 15, 17 und 19 versehen, die vom Steuerkolben 7 gesteuert werden. Der Steuerzylinder 9 weist bei diesem Ausführungsbeispiel weitere, nicht bezeichnete Steuerbohrungen auf, auf deren Funktion hier nicht näher eingegangen wird.

Die Steuerbohrung 11 bildet einen Verbraucheranschluss A und die Steuerbohrung 13 einen Verbraucheranschluss B, die jeweils über eine geeignete Mediumverbindung beispielsweise mit jeweils einem Arbeitsraum eines Zylinders verbindbar sind. Die Steuerbohrung 15 bildet einen Druckanschluss P, an den eine Druckmediumpumpe angeschlossen wird. Die Steuerbohrungen 17 und 19 bilden jeweils einen Reservoiranschluss T, die mit einem Tank verbindbar sind. Zur Steuerung der Durchflussmenge weist der Steuerkolben 7 Steuernuten 21, 23 und 25 auf, mittels denen -je nach Stellung des Steuerkolbens 7- der Druckanschluss P mit dem Verbraucheranschluss A beziehungsweise B und der Verbraucheranschluss A beziehungsweise B mit dem Reservoiranschluss T verbunden werden.

Der Steuerkolben 7 ist an seinem dem Magnetteil 5 abgewandten Ende durch eine Druckfeder 27 kraftbeaufschlagt, die den Steuerkolben 7 in Richtung auf das Magnetteil 5 gegebenenfalls gegen einen Anschlag drückt. Der Steuerkolben 7 weist an seinem magnettel seitigen Ende einen Zapfen 29 auf, an dem er mittels des Magnetteils 5 mit einer entgegen der Kraft der Feder 27 wirkenden Druckkraft beaufschlagbar ist.

Das Magnetteil 5 ist hier von einem drückenden, auch als Druckmagnet bezeichneten Proportionalmagnet gebildet, der einen Ankerstößel umfasst, auf dem ein Magnetanker befestigt und in einem Spulraum einer Magnetspule axial verschiebbar geführt ist. Wird die Magnetspule bei einem elektrischen Anschluss bestromt, bewegt sich der Magnetanker im Magnetfeld der Magnetspule auf einen topfförmigen Polkern eines Magnetflansches zu. Dabei legt sich der Ankerstößel stirnseitig an dem Zapfen des Steuerkolbens 7 und verstellt diesen entsprechend der Bestromung der Magnetspule entgegen der Kraft der Druckfeder 27 bis maximal zu einem, in Figur 1 nicht dargestellten Endanschlag.

In Figur 1 ist der Steuerkolben 7 in einer Mittenstellung angeordnet, in der er den Durchgang vom Druckanschluss P zu den Verbraucheranschlüssen A,B und den Reservoiranschlüssen T sperrt.

Zur pneumatischen Funktionsprüfung des Hydraulikteils 3 des anhand der Figur 1 beschriebenen hydraulischen Proportionalventils ist ein Prüfstand 31 vorgesehen, von dem in Figur 6 ein Ausführungsbeispiel abgebildet ist. Der Prüfstand 31 umfasst eine Grundplatte 33, an der eine senkrecht dazu verlaufende Profilsäule 35 angeordnet ist, an der ein Linearantrieb 37 befestigt ist. Mit Hilfe des Linearantriebs 37, der beispielsweise eine Spindel mit einem Servomotor umfassen kann,

ist ein von einem Winkel gebildetes Adaptionselement 39 senkrecht zur Flachseite der Grundplatte 33, also in vertikaler Richtung, verfahrbar. Am Adaptionselement 39 ist ein stiftförmiges, hier federnd gelagertes Kontaktelement 41 vorgesehen, das unmittelbar mit dem Steuerkolben 7 zusammenwirkt, das heißt, bei einem Verfahren des Adaptionselements 39 mittels des Linearantriebs 37 verschiebt das Kontaktelement 41 den Steuerkolben 7 innerhalb des Steuerzylinders 9 in axialer Richtung. Das Hydraulikteil 3 selbst befindet sich in einem Prüfblock 43, der nachfolgend noch anhand der Figur 2 näher erläutert wird. Der Prüfblock 43 ist auf einer auf Schienen 45 gelagerten Adapterplatte 47 angeordnet, die mittels einer Fixiereinrichtung 49 lagegenau auf der Grundplatte 33 anordenbar ist. Die Fixiereinrichtung 49 weist hier einen an der Adapterplatte 47 angeordneten Arretierstift auf, der in mindestens einer, in einer lagefest zur Grundplatte 33 angeordneten Schiene vorgesehene Durchgangsöffnung einfahrbar ist. Der Prüfstand 31 weist ferner eine in Figur 2 schematisch ange deutete Ventileinrichtung 51 auf und ist an eine Druckluftversorgungseinrichtung mit entsprechenden Druck- und Entlüftungsleitungen/-kanälen anschließbar. Die Druckluftversorgung kann Teil des Prüfstands 31 sein.

Der Prüfstand 31 ist ferner mit einer in den Figuren nicht dargestellten Messeinrichtung ausgestattet, die einen Messrechner, einen Volumenstromsensor, insbesondere Laminar-Flow-Element, einen Zug-/Druckkraftsensor, einen Temperatursensor zur Erfassung der Prüfmedium- und/oder Umgebungstemperatur, einen Drucksensor für den Druckanschluss P und gegebenenfalls einen Wegsensor aufweist.

Figur 2 zeigt einen Längsschnitt durch den Prüfblock 43, in den das Hydraulikteil 3 leckagefrei mittels in Figur 2 nicht dargestellten Expansionsabdichtelementen adaptiert ist. Eine

Trennung von Hydraulikteil 3 und Magnetteil 5 zur pneumatischen Funktionsprüfung des Hydraulikteils 3 ist nicht zwingend notwendig. Wenn jedoch das Hydraulikteil 3 zum Zwecke der Funktionsprüfung vom Magnetteil 5 getrennt ist, kann zusätzlich eine Steuerkolben-Kraftmessung durchgeführt werden, wodurch die Reibung im Hydraulikteil 3 festgestellt beziehungsweise gemessen werden kann.

Wie aus Figur 2 ersichtlich, ist der Prüfblock 43 mit in seiner Außenseite mündenden Kanälen 53 versehen, die jeweils einer der Steuerbohrungen 11 bis 19 zugeordnet sind. Die Querschnitte der von dem gasförmigen Prüfmedium durchströmten Kanäle 53 der Prüfadaption, vorzugsweise in sämtlichen weiteren Druck- und Entlüftungsleitungen/-kanälen der Ventileinrichtung 51, sind mindestens gleich groß wie oder größer als die durchströmten Querschnitte im Hydraulikteil 3.

In Figur 2 ist mittels Pfeilen angedeutet, dass an die Kanäle 53 jeweils eine Druck- beziehungsweise Entlüftungsleitung anschließbar ist. Um die Verbraucheranschlüsse A, B wahlweise jeweils gemeinsam oder unabhängig voneinander mit der Atmosphäre oder miteinander zu verbinden, weist die Ventileinrichtung 51 ein erstes Magnetventil 55, ein zweites Magnetventil 57 sowie ein drittes Magnetventil 59 auf.

Im Folgenden wird ein mittels des Prüfstands 31 realisierbarer Prüfablauf unter Bezugnahme auf Figur 3 näher erläutert: Zur Vorbereitung wird das Hydraulikteil 3 im Prüfblock 43 adaptiert, der Prüfblock 43 in den Prüfstand 31 eingebracht sowie die Ventileinrichtung 51 an den Prüfblock 31 angeschlossen. Dann wird der Druckanschluss P mit dem gasförmigen Prüfmedium, das unter einem geregelten Prüfdruck steht, beaufschlagt. Mittels des Linearantriebs 37 wird der Steuerkolben 7 aus einer Ausgangsstellung, die eine durch einen An-

schlag festgelegte Endlage sein kann, in eine zweite Stellung, die ebenfalls eine durch einen Anschlag festgelegte zweite Endlage sein kann, verschoben. Dieser erste Hub des Steuerkolbens 7 ist in Figur 3 mit x1 gekennzeichnet. Während des Durchlaufens des ersten Hubs x1 ist die Ventileinrichtung 51 so geschaltet, dass ein Kurzschluss zwischen den Verbraucheranschlüssen A und B besteht. Nachdem der erste Hub x1 durchlaufen ist, werden die Magnetventile 55 bis 59 so geschalten, dass die Verbraucheranschlüsse A und B mit der Atmosphäre verbunden sind. Dann wird der Steuerkolben 7 aus der zweiten Stellung in die Ausgangstellung zurückverlagert und durchfährt dabei einen zweiten Hub x2. Während der Hin- und Rückbewegung des Steuerkolbens 7 wird mittels des Volumenstromsensors der Volumenstrom mit einer vorgegebenen Tastrate erfasst. Die dadurch ermittelte Volumenstromkennlinie ist mit der Bezugsziffer 61 versehen. In Figur 3 ist ferner ein Toleranzband 63 abgebildet, dass die jeweils zulässige Ober- und Untergrenze des Volumenstroms bei einer bestimmten Stellung des Steuerkolbens 7 angibt.

Durch das vorstehend genannte pneumatische Prüfverfahren und die dabei ermittelte Volumenstromkennlinie können folgende Fertigungsfehler beziehungsweise Eigenschaften des Hydraulikteils 3 erkannt werden:

- Spalt zwischen Steuerkolben 7 und Steuerzylinder 9
- fehlende Bohrungen/Kanäle im Steuerkolben 7 und Steuerzylinder 9,
- Fehler in der Überdeckung der Steuerkanten zwischen Steuerkolben 7 und Steuerbohrungen 11 bis 19 einschließlich Kantenbrüche,
- versetzte Mittellage des Steuerkolbens 7,
- Hub des Steuerkolbens 7, und
- Verschluss des Steuerkolbens 7.

Während der Steuerkolben 7 den ersten Hub  $x_1$  durchläuft, sind die Verbraucheranschlüsse A, B mittels der Ventileinrichtung 51 miteinander kurzgeschlossen, so dass das Druckmedium zunächst vom Druckanschluss P über den Verbraucheranschluss B zum Verbraucheranschluss A und von dort zum Reservoiranschluss T strömt ( $P \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow T$ ). Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist der Volumenstrom in Ausgangsstellung des Steuerkolbens 7 zur Zeit  $t_0$  sehr groß und erreicht in Mittenlage des Steuerkolbens 7 zur Zeit  $t_1$  ein Minimum. Nach dem Durchfahren der Mittel Lage steigt der Volumenstrom bis Erreichen der zweiten Steuerkolbenstellung 7 zur Zeit  $t_2$  wieder an. Dabei strömt das Prüfmedium von P über A nach B und von dort nach T ( $P \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow T$ ).

Nach dem Durchlaufens des ersten Hubs  $x_1$  wird die Beschaltung der Ventileinrichtung 51 so geändert, dass die Verbraucheranschlüsse A, B nun mit der Atmosphäre verbunden sind, das heißt, das Prüfmedium wird über die Verbraucheranschlüsse A, B in die Umgebung abblasen. Der Steuerkolben 7 befindet sich zur Zeit  $t_3$  in der zweiten Stellung und wird nun zurückverlagert, wobei er zur Zeit  $t_4$  seine Mittel Lage durchfährt und zur Zeit  $t_5$  seine Ausgangsstellung wieder erreicht. Aus Figur 3 ist ohne weiteres ersichtlich, dass durch das Abblasen der Druckluft über die Verbraucheranschlüsse A, B an die Atmosphäre der durch das Hydraulikteil 3 fließende Volumenstrom deutlich größer als bei kurzgeschlossenen Verbraucheranschlüssen A, B ist. Der Grund hierfür ist, dass die Reibungsverluste durch das Abblasen der Druckluft für den Verbraucheranschluss A beziehungsweise B reduziert sind. Auf Grund des höheren Volumenstroms sind Kantenbrüche und Steuerkantenüberdeckungsfehler besser erkennbar.

Festzuhalten bleibt, dass bei dem vorstehend beschriebenen Prüfverfahren der Ventilweg zweimal durchfahren wird (doppelte Funktionsprüfung). Da dabei die Volumenstromkennlinie 61 sowohl als komplette Durchströmung ( $P \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow T$  beziehungsweise  $P \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow T$ ) also auch als Teildurchströmung ( $P \rightarrow A$  beziehungsweise  $P \rightarrow B$ ) des Hydraulikteils 3 aufgezeichnet wird, kann ein sehr genaues Prüfergebnis erzielt werden.

Figur 4 zeigt ein Diagramm, in dem eine während des vorstehend beschriebenen Prüfvorgangs mittels des Zug-/Druckkraftsensors ermittelte Kraftkennlinie 65 über der Zeit  $t$  aufgetragen ist. Des Weiteren sind Toleranzbänder 67 und 69 für die Kraft im Bereich der Hin- und Rückbewegungen ( $x_1, x_2$ ) des Steuerkolbens 7 eingezeichnet. Im Diagramm ist also die zum Verschieben des Steuerkolbens 7 aus seiner Ausgangstellung in die zweite Stellung und wieder zurück in die Ausgangsstellung aufzubringende Kraft über der Zeit entnehmbar. Wenn die Verlagerung des Steuerkolbens 7 mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt, was bevorzugt wird, ist hieraus ohne weiteres die Federkennlinie der Druckfeder 27 ermittelbar. Darüber hinaus ist ein Verklemmen/Verkanten des Steuerkolbens 7 erkennbar.

Figur 5 zeigt ein Diagramm, in dem die Kraft-Hysterese-Kennlinie 71 des Hydraulikteils 3 und mit gestrichelter Linie das zugehörige, vorgegebene Toleranzband 73 abgebildet sind. Anhand der Kraft-Hysterese-Kennlinie 71, die aus der Kraftkennlinie 65 gemäß der Figur 4 über der Zeit berechnet wird, kann ein Klemmen des Steuerkolbens 7 erkannt und Aussagen über die Rauhigkeit der Oberfläche der den Steuerkolben 7 aufnehmenden Bohrung im Steuerzylinder 9 sowie der Führungsfläche des Steuerkolbens 7 getroffen werden.

Die in den Figuren 3 bis 5 gezeigten Kennlinien und Toleranzbänder sind repräsentativ für das anhand der Figur 1 be-

schriebene 4/2-Proportional-Wege-Ventil 1, bei dem -wie beschrieben- die Volumenstromkennlinie 61 ausgehend von einem maximalen Durchflusswert bei voll geöffnetem Ventil einen Minimalwert erreicht und nach Überfahren der Absperrstellung (Mittellage) wieder ansteigt, bis wiederum der maximale Durchfluss, diesmal in umgekehrter Strömungsrichtung, erreicht ist. Bei anderen Ausführungsformen des Hydraulikventils ergeben sich entsprechend anders verlaufende Kennlinien.

Die Messdatenerfassung und/oder Messdatenauswertung ist bei dem anhand der Figuren beschriebene Prüfverfahren ohne weiteres online, das heißt, bereits während des Prüfvorgangs möglich, so dass entsprechend kurze Prüfzeiten erzielt werden können. Die ermittelten Kennwerte beziehungsweise Kennlinien werden mit zulässigen, vorgegebenen Grenzwerten verglichen, was automatisch mittels der Messeinrichtung erfolgen kann.

Festzuhalten bleibt, dass zur Feststellung, ob ein Hydraulikventil den daran gestellten Anforderung entspricht beziehungsweise gerade noch entspricht, es ausreichend sein kann, dass nur der Volumenstrom oder nur die Prüfkraft über der Zeit und/oder den Weg ermittelt wird. Dadurch können die Kosten für den Prüfstand 31 durch entsprechenden Verzicht auf spezielle Sensoren reduziert werden.

Als Prüfmedium kann an Stelle von Luft auch ohne weiteres ein anderes gasförmiges Medium verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Funktionsprüfung eines Hydraulikventils (1),  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Prüfmedium ein unter Druck stehendes, gasförmiges Medium verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Druck des gasförmigen Prüfmediums einstellbar und während des Prüfens konstant ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Hydraulikventil (1) einen Druckanschluss (P), mindestens einen Reservoiranschluss (T), wenigstens einen Verbraucheranschluss (A,B) sowie einen verlagerbaren Steuerkolben (7) zur Steuerung des Volumenstroms ( $\dot{V}$ ) eines vom Druckanschluss (P) zum Reservoiranschluss (T) beziehungsweise Verbraucheranschluss (A,B) fließenden Druckmediums aufweist, wobei das gasförmige Prüfmedium am Druckanschluss (P) in das Hydraulikventil (1) eingeleitet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Steuerkolben (7) zur Prüfung des Hydraulikven-

tils (1) aus einer Ausgangsstellung in eine zweite Stellung und aus der zweiten Stellung wieder zurück in die Ausgangsstellung verlagert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verlagerungsgeschwindigkeit des Steuerkolbens (7) während der Prüfung des Hydraulikventils (1) konstant ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Steuerkolben (7) einen ersten Verbraucheranschluss (A) und einen zweiten Verbraucheranschluss (B) aufweist, dass während der Verlagerung des Steuerkolbens (7) aus der Ausgangsstellung in die zweite Stellung die Verbraucheranschlüsse (A,B) miteinander in Mediumverbindung stehen.
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass während der Rückverlagerung des Steuerkolbens (7) aus der zweiten Stellung in die Ausgangsstellung die ersten und zweiten Verbraucheranschlüsse (A,B) jeweils mit der Atmosphäre verbunden sind.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass während der Verlagerung des Steuerkolbens (7) aus der Ausgangsstellung in die zweite Stellung und aus der zweiten Stellung wieder zurück in die Ausgangsstellung der Volumenstrom ( $\dot{V}$ ) des gasförmigen Prüfmediums in Abhängigkeit der Zeit (t) und/oder dem vom Steuerkolben (7) zurückgelegten Weg ( $x_1, x_2$ ) ermittelt werden/wird, und dass die ermittelten Volumenstromwerte/-kennlinie(n) mit

Soll- und/oder Grenzwerten beziehungsweise mindestens einer Soll- und/oder Grenzwertkennlinie verglichen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerkolben (7) mittels wenigstens eines Feder-elements (27) kraftbeaufschlagt oder kraftbeaufschlagbar ist und dass während der Verlagerung des Steuerkolbens (7) aus der Ausgangsstellung in die zweite Stellung und aus der zweiten Stellung wieder zurück in die Ausgangsstellung die dafür aufzubringende Kraft (F) in Abhängigkeit der Zeit (t) und/oder dem vom Steuerkolben (7) zurückgelegten Weg ( $x_1, x_2$ ) ermittelt werden/wird, und dass die ermittelten Kraftwerte/-kennlinie(n) mit Soll- und/oder Grenzwerten beziehungsweise mindestens einer Soll- und/oder Grenzwertkennlinie verglichen werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraft-Hysterese-Kennlinie des Hydraulikventils (1) ermittelt, vorzugsweise aus den aufgezeichneten Werten der zur Verlagerung des Steuerkolbens (7) aus der Ausgangsstellung in die zweite Stellung beziehungsweise aus der zweiten Stellung in die Ausgangsstellung aufzubringenden Kraft (F) berechnet wird.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtastrate des Volumenstroms ( $\dot{V}$ ) beziehungsweise der auf den Steuerkolben (7) aufgebrachten Kraft (F) während des Prüfvorgangs einstellbar ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdatenerfassung und/oder Messdatenauswertung online erfolgt.

13. Prüfstand (31) zur Funktionsprüfung von Hydraulikventilen
  - (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

10/549741

1/3

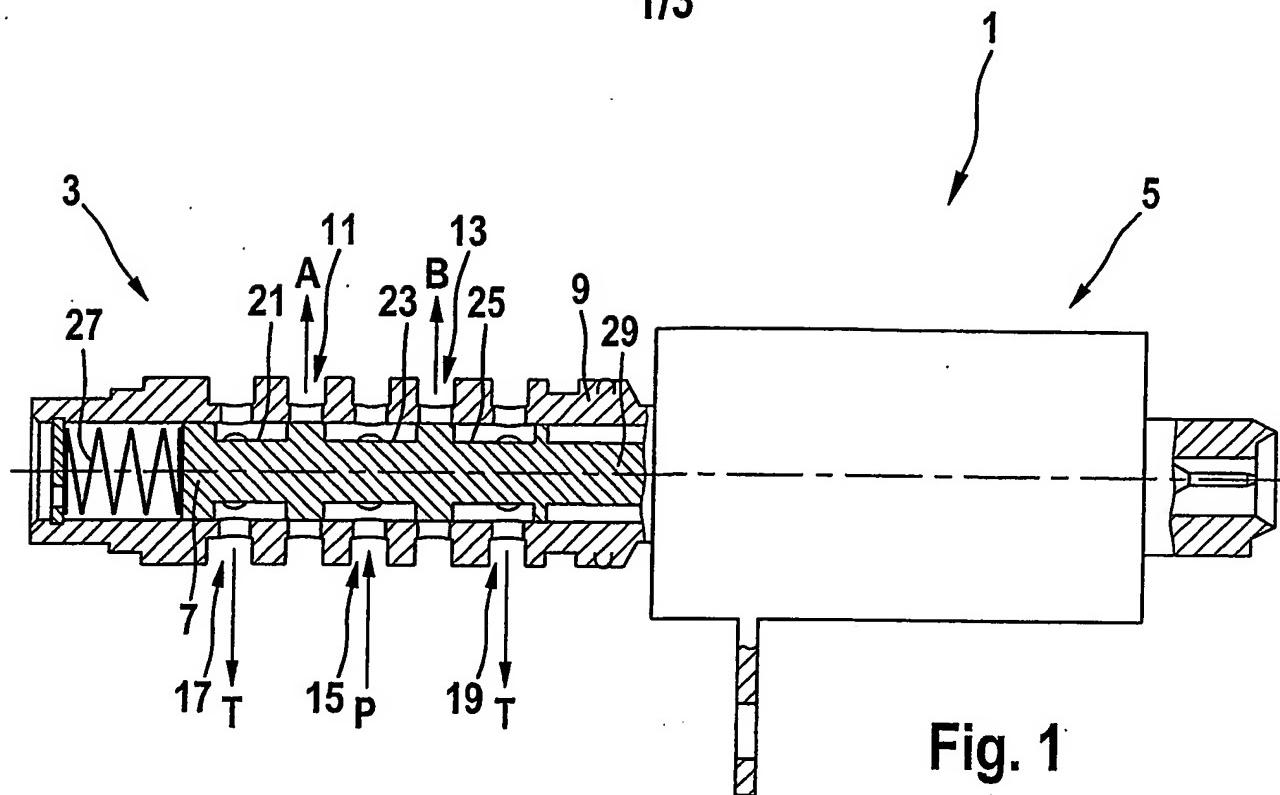


Fig. 1

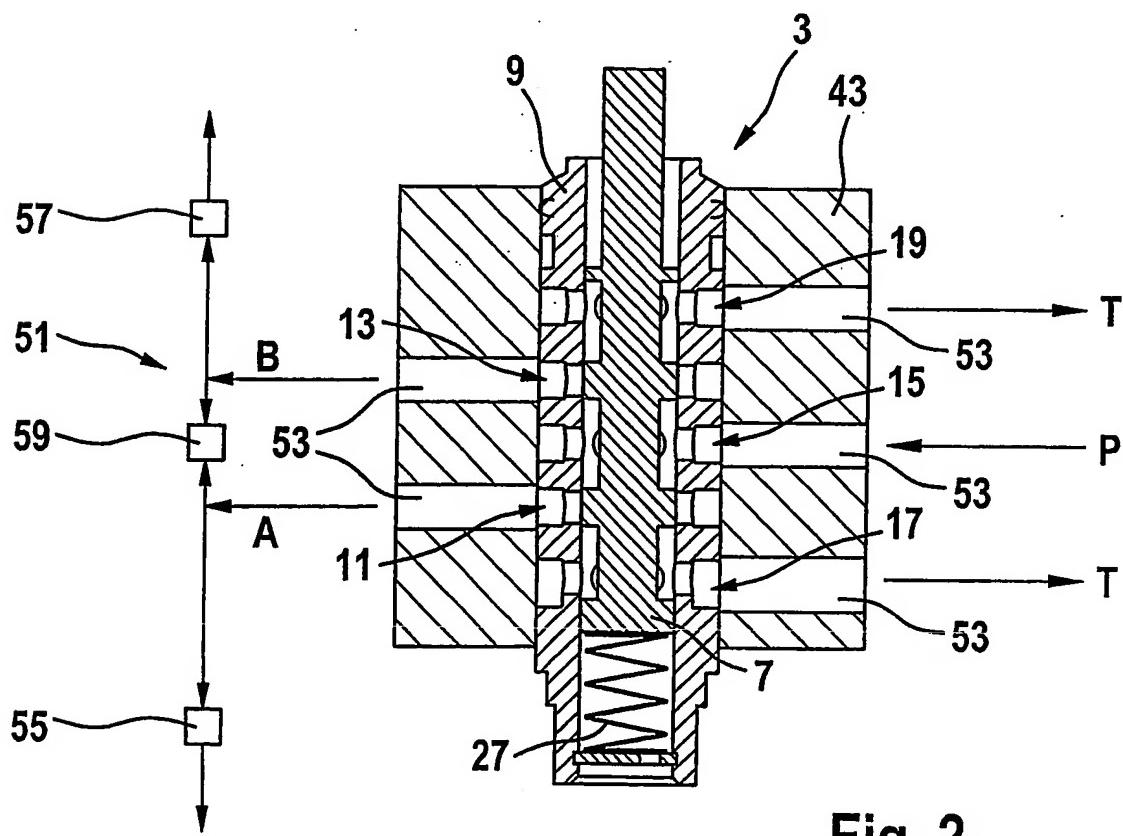


Fig. 2

10/549741

2/3

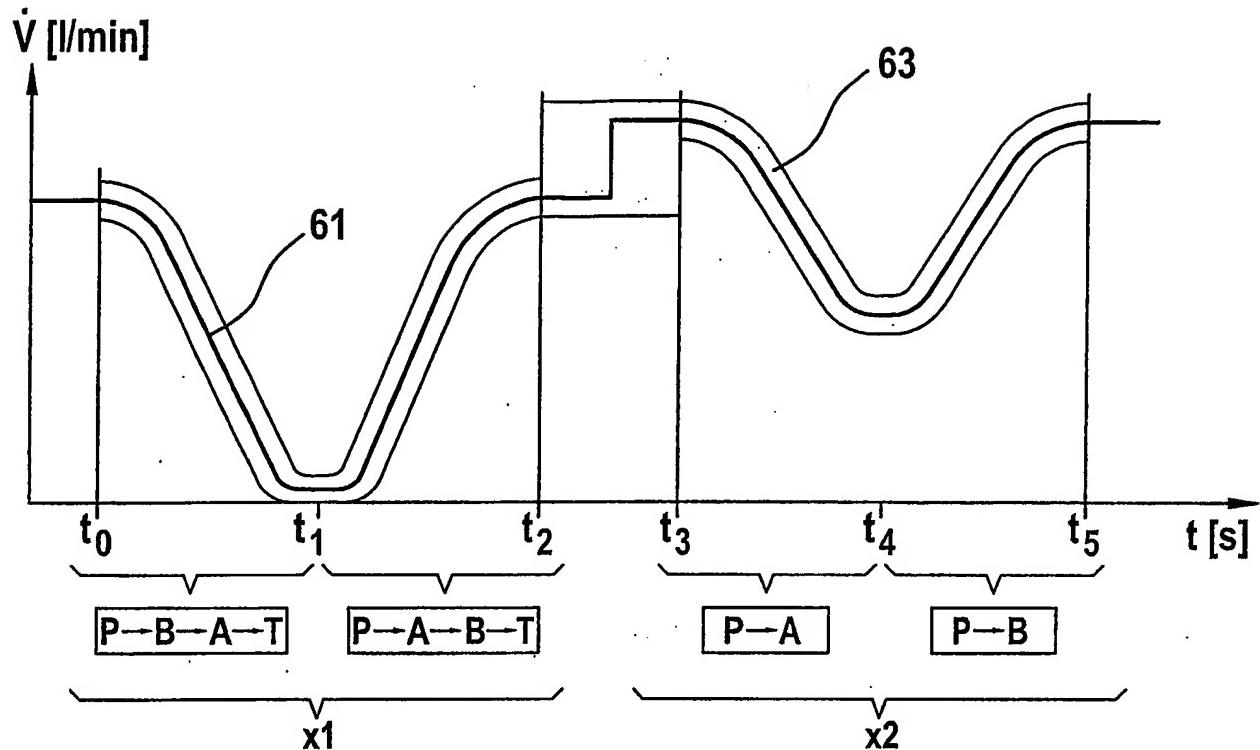


Fig. 3

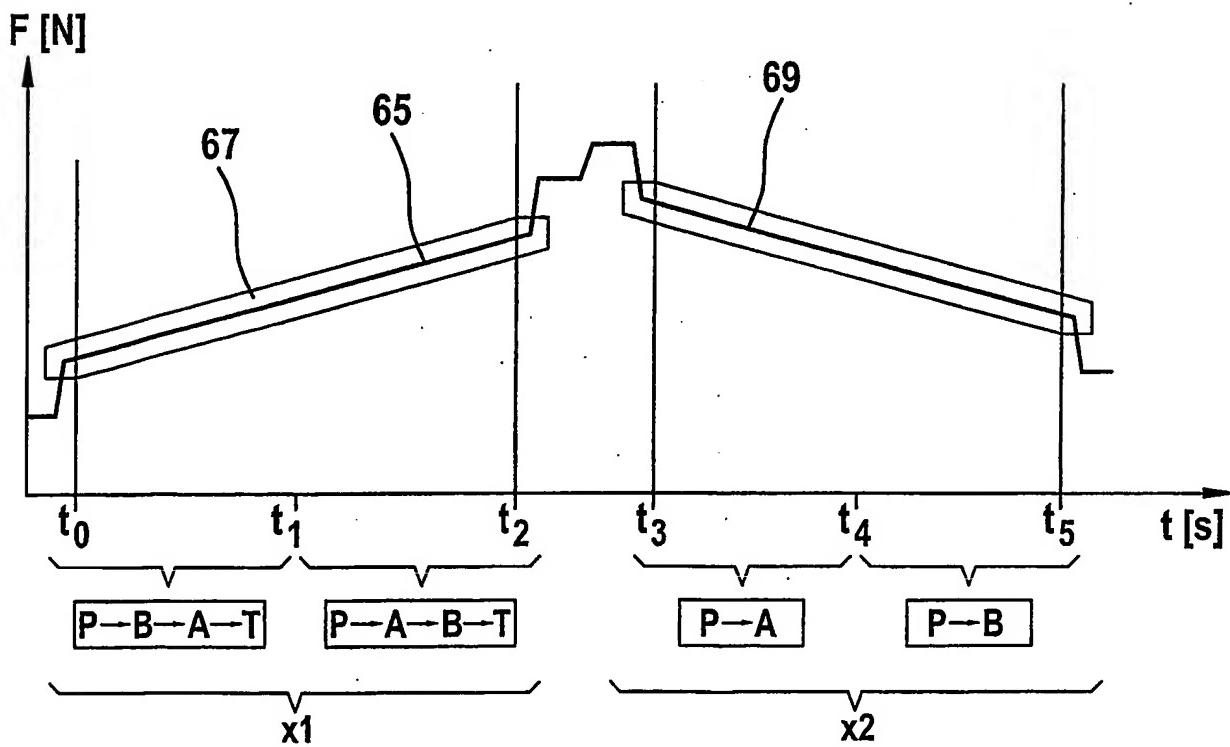
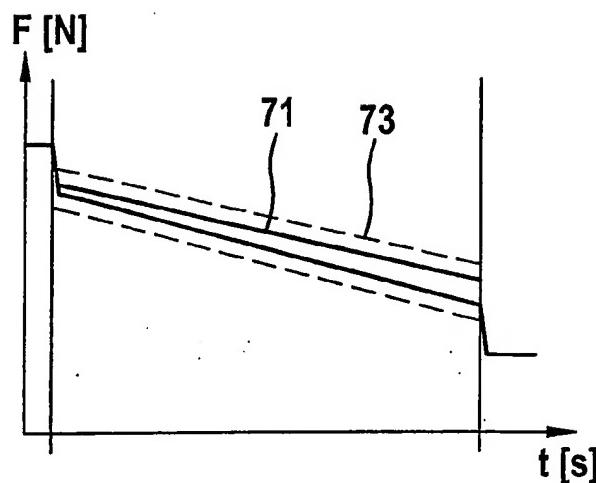
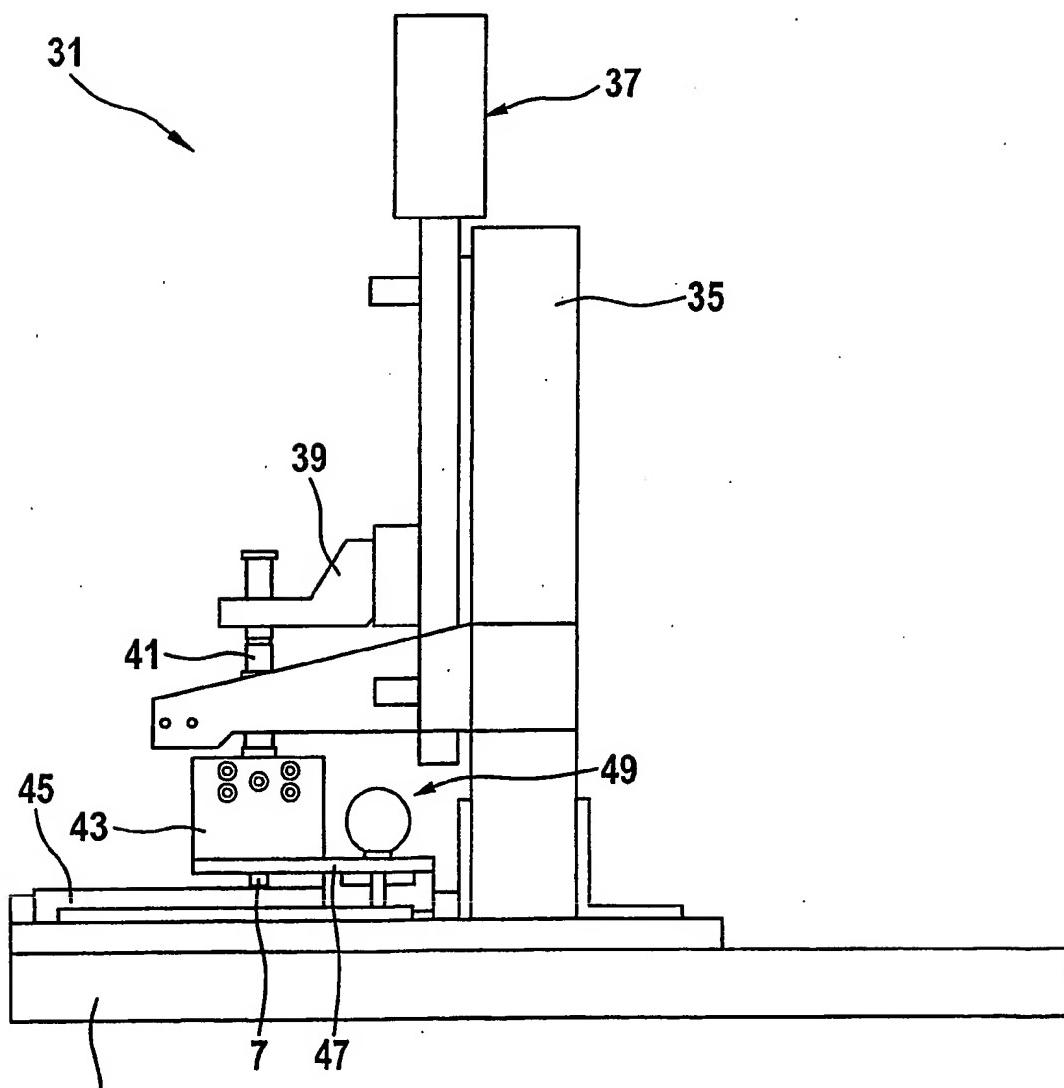


Fig. 4

**10/549741**

3/3

**Fig. 5****Fig. 6**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
**IPC 7 F15B19/00**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**IPC 7 F15B F16K G01M**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**EPO-Internal**

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 100 392 A (SKINNER ROBERT L) 13 August 1963 (1963-08-13) column 2, line 6-29 column 3, line 10-69; figures 1,2,5 ---	1-4,6,8, 13 9-12
Y	US 6 466 893 B1 (JUNK KENNETH W ET AL) 15 October 2002 (2002-10-15) column 3, line 42-48 column 6, line 52-59 column 7, line 39-48 column 8, line 10-38 column 9, line 49-52; figures 1,2 ---	9-12
X	US 1 554 637 A (WOLESLEY MCKEE GARNET) 22 September 1925 (1925-09-22) page 1, line 2-17 page 3, line 75-82 page 4, line 102-115; figures 1,9-11 ---	1,2,13 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

**28 May 2004**

Date of mailing of the International search report

**08/06/2004**

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

**Rechenmacher, M**

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 113 705 A (EARNHARDT DANIEL E) 19 May 1992 (1992-05-19) column 4, line 34 -column 7, line 20 column 8, line 22-31 abstract; figures 1-4 -----	1,11,13
A		8

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 3100392	A	13-08-1963		NONE	
US 6466893	B1	15-10-2002		US 5966679 A AU 7629500 A BR 0013033 A CA 2380413 A1 CN 1369068 T EP 1206732 A1 JP 2003506786 T US 2002040284 A1 WO 0111436 A1 AU 9569598 A BR 9812405 A CA 2304616 A1 CN 1278930 T EP 1019790 A1 JP 2001518653 T WO 9917177 A1	12-10-1999 05-03-2001 16-04-2002 15-02-2001 11-09-2002 22-05-2002 18-02-2003 04-04-2002 15-02-2001 23-04-1999 19-09-2000 08-04-1999 03-01-2001 19-07-2000 16-10-2001 08-04-1999
US 1554637	A	22-09-1925		NONE	
US 5113705	A	19-05-1992	WO	9211520 A2	09-07-1992

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes  
IPK 7 F15B19/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F15B F16K G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 100 392 A (SKINNER ROBERT L) 13. August 1963 (1963-08-13)	1-4, 6, 8, 13
Y	Spalte 2, Zeile 6-29 Spalte 3, Zeile 10-69; Abbildungen 1,2,5	9-12
Y	US 6 466 893 B1 (JUNK KENNETH W ET AL) 15. Oktober 2002 (2002-10-15) Spalte 3, Zeile 42-48 Spalte 6, Zeile 52-59 Spalte 7, Zeile 39-48 Spalte 8, Zeile 10-38 Spalte 9, Zeile 49-52; Abbildungen 1,2	9-12
X	US 1 554 637 A (WOLESLEY MCKEE GARNET) 22. September 1925 (1925-09-22) Seite 1, Zeile 2-17 Seite 3, Zeile 75-82 Seite 4, Zeile 102-115; Abbildungen 1,9-11	1,2,13
	---	-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Mai 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/06/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rechenmacher, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 113 705 A (EARNHARDT DANIEL E) 19. Mai 1992 (1992-05-19) Spalte 4, Zeile 34 -Spalte 7, Zeile 20 Spalte 8, Zeile 22-31 Zusammenfassung; Abbildungen 1-4	1,11,13
A		8

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3100392	A	13-08-1963	KEINE			
US 6466893	B1	15-10-2002	US AU BR CA CN EP JP US WO AU BR CA CN EP JP WO	5966679 A 7629500 A 0013033 A 2380413 A1 1369068 T 1206732 A1 2003506786 T 2002040284 A1 0111436 A1 9569598 A 9812405 A 2304616 A1 1278930 T 1019790 A1 2001518653 T 9917177 A1		12-10-1999 05-03-2001 16-04-2002 15-02-2001 11-09-2002 22-05-2002 18-02-2003 04-04-2002 15-02-2001 23-04-1999 19-09-2000 08-04-1999 03-01-2001 19-07-2000 16-10-2001 08-04-1999
US 1554637	A	22-09-1925	KEINE			
US 5113705	A	19-05-1992	WO	9211520 A2		09-07-1992